

# A METHOD FOR CONTROLLING A VSC-CONVERTER AND A VSC-CONVERTER

**Patent number:** SE517427  
**Publication date:** 2002-06-04  
**Inventor:** BIJLENGA BO; STERGIOPOULOS FOTIS; ASPLUND GUNNAR  
**Applicant:** ABB AB (SE)  
**Classification:**  
 - **International:** H02M7/48  
 - **European:** H02M7/48L3  
**Application number:** SE20000003657 20001011  
**Priority number(s):** SE20000003657 20001011

Also published as:

WO0231956 (A1)  
 WO0231956 (A1)  
 SE0003657 (L)

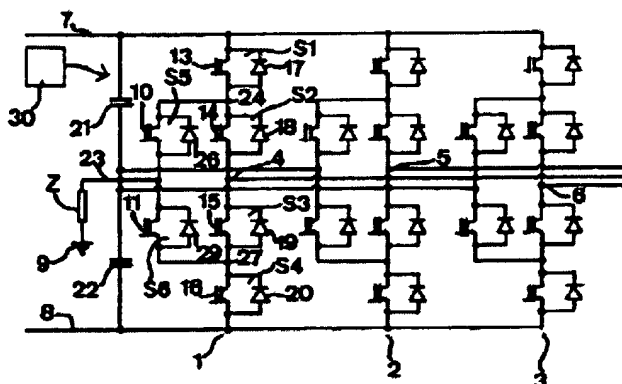
Report a data error here

Abstract not available for SE517427

Abstract of corresponding document: WO0231956

A VSC-converter for converting alternating voltage into direct voltage and conversely is controlled so that semiconductor devices of turn-off type connected in anti-parallel with diodes are controlled to be turned on and turned off so that an alternating voltage phase line is alternatively connected to a midpoint (23) of a direct voltage side of the apparatus, the plus pole (7) and the minus pole (8) of the direct voltage side for generating a train of pulses with determined amplitudes according to a pulse width modulation pattern on the phase output of the apparatus.

The midpoint of the direct voltage side is connectable to the phase output through two different so called zero states. The semiconductor devices (13-16, 10, 11) are controlled so that both zero states are each assumed at least once during a half period during which the fundamental frequency component of a voltage set value of the phase output is positive or negative.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

SVERIGE

(12)

PATENTSKRIFT

(13)

C2

(11)

517 427

7438 WO

(10) SE

(51) Internationell klass 7  
H02M 7/48

# **PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET**

(45) Patent meddelat 2002-06-04  
 (41) Ansökan allmänt tillgänglig 2002-04-12  
 (22) Patentansökan inkom 2000-10-11  
 (24) Löpdag 2000-10-11  
 (62) Stamansökans nummer  
 (88) Internationell ingivningsdag  
 (86) Ingivningsdag för ansökan om europeisk patent  
 (83) Deposition av mikroorganism

(21) Patentansöknings-  
nummer 0003657-4

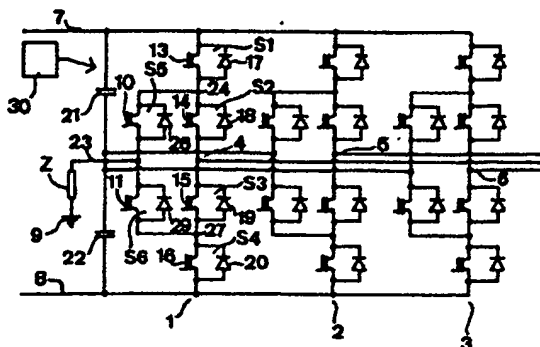
Ansökan inkommen som:

☒ svensk patentansökan  
☐ fullföljd internationell patentansökan med nummer  
☐ omvandlad europeisk patentansökan med nummer

(30) Prioritetsuppgifter  
 - -

- (73) PATENTHAVARE ABB AB, 721 78 Västerås SE  
 (72) UPPFINNARE Bo Bijlenga, Skultuna SE, Fotis Stergiopoulos, Alexandria GR, Gunnar Asplund, Ludvika SE  
 (74) OMBUD Bjerkéns Patentbyrå KB  
 (54) BENÄMNING Förfarande, apparat, datorprogram och datorprogramprodukt för styrning av VSC-omriktare, samt en VSC-omriktare  
 (56) ANFÖRDA PUBLIKATIONER: - - -  
 (57) SAMMANDRAG:

En VSC-omriktare för omriktning av växelspanning till likspanning och vice versa styrs så att släckbara halvledarelement som är antiparallellt kopplade med dioder, styrs att tändas och släckas så att en växelspanningsfasledning omväxlande ansluts till en mittpunkt (23) på en likspänningssida hos anordningen, likspänningssidans pluspol (7) och minuspol (8) för alstrande av ett tåg av pulser med bestämd amplitud enligt ett pulsbreddsmoduleringsmönster på anordningens fasutgång. Likspänningssidans mittpunkt är anslutbar till fasutgången genom två olika så kallade nolltillstånd. Halvledarelementen (13-16, 10, 11) styrs så att båda nolltillstånden intages åtminstone var sin gång under en halvperiod under vilken grundtonskomponenten hos ett spänningsbörvärde hos fasutgången är positiv eller negativ.



## PRV Patent använder följande dokumentkoder för sina patentskrifter

kod	klartext	kod	klartext
A	allmänt tillgänglig patentansökan	L	allmänt tillgänglig
B	utläggningskrift *	T1	översättning av kraven i europeisk patentansökan
B5	rättad utläggningskrift *	T2	rättelse av översättning av kraven i europeisk patentansökan
C	patentskrift *	T3	översättning av europeisk patentskrift
C1	patentskrift *	T4	översättning av europeisk patentskrift i ändrad avfattning
C2	patentskrift	T5	rättad översättning av europeisk patentskrift
C3	rättad patentskrift	T8	rättad översättning av europeisk patentskrift
C5	rättad patentskrift *	T9	korrigerad översättning av europeisk patentskrift
C8	korrigerad förstasida till patentskrift		
E	patentskrift i ändrad lydelse		
E8	korrigerad förstasida till patentskrift i ändrad lydelse		
E9	rättad patentskrift i ändrad lydelse		

\* publicerad under äldre lagstiftning

## Nationskoder

AP African Regional Industrial Property Organization (ARIPO)	CN Kina	KJ Kiribati	RU Ryska Federationen
EA European Patent Office (EAPO)	CO Colombia	KM Comorena	RW Ruanda
EP Europeiska Patentverket (EPO)	CR Costa Rica	KN St Kitts	SA Saudi-Arabien
OA African Intellectual Property Organization (OAPI)	CU Kuba	KP Dem. Folkrepubliken Korea	SB Salomonöarna
WO World Intellectual Property Organization (WIPO)	CV Kap Verde	KR Republiken Korea	SC Seychellerna
IB WIPO (i vissa fall)	CY Cypern	KW Kuwait	SD Sudan
AD Andorra	CZ Tjeckiska republiken	KY Cayman-öarna	SE Sverige
AE Förenade Arabemiraten	DE Tyskland	KZ Kazakstan	SG Singapore
AF Afghanistan	DJ Djibouti	LA Laos	SH St Helena
AG Antigua	DK Danmark	LB Libanon	SI Slovenien
AI Anguilla	DM Dominica	LC Saint Lucia	SK Slovakien
AL Albanien	DO Dominikanska republiken	LI Liechtenstein	SL Sierra Leone
AM Armenien	DZ Algeriet	LK Sri Lanka	SM San Marino
AN Nederländska Antillerna	EC Ecuador	LR Liberia	SN Senegal
AO Angola	EE Estland	LS Lesotho	SO Somalia
AR Argentina	EG Egypten	LT Litauen	SR Surinam
AT Österrike	ES Spanien	LU Luxemburg	ST São Thomé
AU Australien	ET Etiopien	LV Lettland	SV El Salvador
AZ Azerbajdjan	FI Finland	LY Libyen	SY Syrien
BA Bosnien och Hercegovina	FJ Fiji-öarna	MA Marocko	SZ Swaziland
BB Barbados	FK Falklandsöarna	MC Monaco	TD Tchad
BD Bangladesh	FR Frankrike	MD Moldavien	TO Togo
BE Belgien	GA Gabon	MG Madagaskar	TH Thailand
BF Burkina Faso	GB Storbritannien	MK Makedonien	TJ Tadjikistan
BG Bulgarien	GD Grenada	ML Mali	TM Turkmenistan
BH Bahrain	GE Georgien	MM Myanmar	TN Tunisien
BI Burundi	GH Ghana	MN Mongoliet	TO Tonga
BJ Benin	GI Gibraltor	MR Mauritien	TR Turkiet
BM Bermuda	GM Gambia	MS Monsterrat	TT Trinidad och Tobago
BO Bolivia	GN Guinea	MT Malta	TV Tuvalu
BR Brasilien	GQ Guineabissau	MU Mauritius	TW Taiwan
BS Bahamasöarna	GR Grekland	MV Maldiverna	TZ Tanzania
BT Bhutan	GT Guatemala	MW Malawi	UA Ukraina
BW Botswana	GW Guinea-Bissau	MX Mexiko	UG Uganda
BY Vitrymland	GY Guyana	MY Malaysia	US Förenta Staterna (USA)
BZ Belize	HK Hongkong	MZ Mocambique	UY Uruguay
CA Kanada	HN Honduras	NA Namibia	UZ Uzbekistan
CF Centralafrikanska Republiken	HR Kroatien	NO Nigeria	VA Vatikanstaten
CG Kongo	HT Haiti	NI Nicaragua	VC St Vincent
CH Schweiz	HU Ungern	NL Nederländerna	VE Venezuela
CI Elfenbenskusten	ID Indonesien	NO Norge	VG Jungfruöarna
CL Chile	IE Irland	NP Nepal	VN Viet Nam
CM Kamerun	IL Israel	NR Nauru	VU Vanuatu
	IN Indien	NZ Nya Zeeland	WS Samoa
	IQ Irak	OM Oman	YD Syd-Jemen
	IR Iran	PA Panama	YE Jemen
	IS Island	PE Peru	YU Jugoslavien
	IT Italien	PG Papua Nya Guinea	ZA Sydafrika
	JM Jamaica	PH Filippinerna	ZM Zambia
	JO Jordanien	PK Pakistan	ZR Zaire
	JP Japan	PL Polen	ZW Zimbabwe
	KE Kenya	PT Portugal	
	KG Kirgistan	PY Paraguay	
	KH Kambodja	RO Rumänien	

Best Available Copy

5

## UPPFINNINGENS OMRÅDE OCH TIDIGARE KÄND TEKNIK

10

15

20

25

30

35

Föreliggande uppfinning avser ett förfarande för styrning av en VSC-omriktare för omriktning av växelspanning till likspänning och vice versa, vilken innefattar en mellan två poler, en positiv och en negativ, hos en likspänningssida hos omriktaren anordnad seriekoppling av fyra enheter, vilka vardera innefattar ett släckbart halvledarelement och en därmed antiparallellt kopplad diod och är givna ordningsnummer efter ordningen i seriekopplingen från den positiva till den negativa polen, en växelspanningsfasledning ansluten till en första mittpunkt, benämnd fasutgång, hos seriekopplingen mellan den andra och tredje enheten, medel anordnade att på nämnda likspänningssida tillhandahålla en mittpunkt mellan de båda polerna och lägga dessa poler på samma spänning men med motsatta tecken i förhållande till likspänningssidans mittpunkt, varvid en andra mittpunkt hos seriekopplingen mellan den första och andra enheten är via en femte nämnd enhet med dioden med ledriktningen med avseende på fasutgången motsatt ledriktningen hos den andra enhetens diod ansluten till likspänningssidans mittpunkt och en tredje mittpunkt hos seriekopplingen mellan den tredje och fjärde enheten är via en sjätte nämnd enhet med dioden med ledriktningen med avseende på fasutgången motsatt den tredje enhetens diod ansluten till likspänningssidans mittpunkt, vid vilket enheternas halvledarelement styrs att tändas och släckas så att växelspanningsfasledningen omväxlande ansluts till likspänningssidans mittpunkt, pluspol och minuspol för alstrande av ett tåg av pulser med bestämda amplituder enligt ett pulsbreddsmoduleringsmönster på omriktarens fasutgång, varvid likspänningssidans mittpunkt är

anslutbar till fasutgången genom två olika så kallade nolltillstånd, nämligen ett första i vilket den andra och femte enheten är i ledande tillstånd, och ett andra, i vilket den tredje och den sjätte enheten är i ledande tillstånd, samt en omriktare för omriktning av växelspanning till likspänning och vice versa enligt ingressen hos bifogade anordningspatentkrav.

Uppfinningen avser således omriktning av växelspanning till likspänning och vice versa genom utnyttjande av en så kallad trenivåomriktare av VSC-typ (Voltage Source Converter). Sådana kan användas i allehanda situationer, då likspänning skall omvandlas till växelspanning och tvärtom, varvid exempel på sådana användningar är i stationer hos HVDC-anläggningar (högspänd likström), i vilka likspänningen normalt omvandlas till trefas-växelspanning eller omvänt eller i så kallad back-to-back-stationer där växelspanning först omvandlas till likspänning och sedan denna till växelspanning liksom i SVC-er (Static Var Compensator), där likspänningssidan består av en eller flera fritt hängande kondensatorer. Växelströmsidan hos omriktaren skulle även kunna vara ansluten till en växelströmsmotor för drivande därav eller till en växelströmsgenerator.

Uppfinningen är inte begränsad till några speciella spänningsnivåer på likspänningssidan eller storlek på effekt som skall hanteras. De förra ligger med fördel inom intervallet 1-500 kV.

En fördel med att använda trenivåomriktare istället för tvånivåbryggor är att betydligt lägre frekvenser för switchande av enheternas halvledarelement enligt pulsbreddsmoduleringsmönstret kan användas för uppnående av en kurvform hos växelspanningssidan av en given kvalitet. Därigenom kan switchförlusterna minskas avsevärt, så att det även blir möjligt att överföra högre effekter genom en sådan trenivåomriktare än genom en tvånivåbrygga, då högre ledförluster kan tillåtas. Samtidigt reduceras genom pulsbreddsmoduleringsförfarandet genererade övertoner.

En tidigare känd trenivåomriktare är en så kallad NPC (Neutral Point Clamped)-omriktare, hos vilken nämnda femte och sjätte enheter är ersatta av en klampningsdiod. En nackdel med en sådan NPC-omriktare är att switchförlusterna inte kommer att fördelas jämnt mellan de olika enheternas (strömventilernas) halvledarelement, utan i fallet av överföring av aktiv effekt, antingen genom att omriktaren arbetar som likriktare eller växelriktare, kommer switchförlusterna huvudsakligen att ligga på halvledarelementen i de båda i seriekopplingen inre enheterna i likriktarfallet och de yttre i växelriktarfallet, det vill säga den första och fjärde enheten, medan vid överföring av reaktiv effekt stora delar av switch- och ledförlusterna kommer att alstras i halvledarelementen hos de båda inre enheterna, det vill säga den andra och tredje enheten. Detta betyder att i en given driftsform kommer vissa av halvledarelementen att arbeta långt ifrån sin termiska gräns, medan andra ligger mycket nära denna, vilket begränsar den effekt som kan hanteras av omriktaren i onödigt hög grad.

Genom sökandens egna svenska patentansökning 9800205-8 är ett förfarande samt en omriktare av inledningsvis definierat slag tidigare kända. Det däri beskrivna förfarandet utgör ett förslag till lösning på det just nämnda problemet med höga switchförluster som begränsar den maximalt genom en sådan omriktare överförbara effekten. Hos det förfarandet styrs halvledarelementen i den andra och tredje enheten, det vill säga enheterna närmast fasutgången, att tändas och släckas med en betydligt högre frekvens än halvledarelementen hos de andra fyra enheterna. Då olika krav ställs på de olika halvledarelementen beroende på i vilka enheter de befinner sig, kan de hos en sådan omriktare med ett sådant styrförfarande specialdesignas, så att i den andra och tredje enheten halvledarelement som klarar höga frekvenser speciellt bra används, medan i de andra enheterna halvledarelement som har låga ledförluster med fördel används. Härigenom är det möjligt att nedbringa de totala förlusterna i en sådan omriktare, speciellt de totala switchförlusterna i halvledarelementen. Även om ett sådant tidigare känt styrförfarande är fördelaktigt kräver det en specialdesign av halvledarelementen.

## SAMMANFATTNING AV UPPFINNINGEN

5 Ett syfte med föreliggande uppfinning är att tillhandahålla ett  
förfarande samt en omriktare av inledningsvis definierat slag,  
vilka gör det möjligt att om så önskas använda väsentligen lika-  
dana halvledarelement i samtliga sex enheter och väsentligen  
likadana enheter men uppnå en möjlighet att överföra betydligt  
10 högre effekter, speciellt vid behov av användande av ett puls-  
breddsmoduleringsmönster med en hög pulsfrekvens, än hos en  
konventionell NPC-omriktare med halvledarelement av likartat  
slag i sina fyra enheter. Således siktar uppfinningen in sig på att  
föreslå ett fördelaktigt sätt att utnyttja en omriktare med upp-  
byggnaden enligt ovannämnda svenska patentansökning på för  
15 omriktning av växelspanning till likspänning och vice versa.

Detta syfte uppnås enligt uppfinningen genom tillhandahållande  
av ett förfarande av inledningsvis beskrivet slag, hos vilket en-  
heternas halvledarelement styrs så att båda nolltillstånden inta-  
20 ges åtminstone var sin gång under en halvperiod under vilken  
grundtonskomponenten hos spänningsbörvärdet hos fasutgången  
är positiv eller negativ. Härigenom blir det möjligt att fördela  
förlusterna jämnare mellan åtminstone fyra av de sex enheterna,  
och nolltillståndet kan växlas när så önskas för att uppnå en  
25 jämn fördelning av framförallt switchförlusterna, men företrädes-  
vis summan av switch- och ledförlusterna på nämnda fyra enhe-  
ternas halvledarelement. De resterande två enheternas halvle-  
darelement har normalt lägre förluster än de övriga fyra. Detta  
utgör även föredragna utföringsformer av uppfinningen, varvid  
30 det i fallet av höga switchfrekvenser, det vill säga då switchför-  
lusterna är dominerande, det kan räcka med att switchförlusterna  
fördelas väsentligen jämnt på halvledarelementen, men i fall då  
ledförlusterna spelar en väsentlig roll är det önskvärt att det är  
summan av switch- och ledförlusterna som fördelas jämnt på  
35 enheternas halvledarelement. Det påpekas att de totala för-  
lusterna i halvledarelementen kommer att vara i stort sett de-  
samma som hos en konventionell NPC-omriktare, men de kom-

- mer genom det uppfinningsenliga förfarandet att kunna fördelas betydligt jämnare på de olika halvledarelementen, så att det blir möjligt att överföra en högre effekt genom en enligt det uppfinningsenliga förfarandet styrd omriktaranordning utan att något
- 5 enskilt halvledarelement överbelastas. Enligt en annan föredragen utföringsform av uppfinningen som är inriktad på reaktiv drift styrs enheternas halvledarelement för uppnående av nämnda omväxlande anslutningar till fasutgången enligt ett mönster som
- 10 syftar till att minska summan av switch- och ledförlusterna i de släckbara halvledarelementen hos den andra och tredje enheten. Härigenom kan de sammanlagda förlusterna i dessa halvledarelement minskas relativt fallet av en konventionell NPC-omriktare, så att omriktarens strömhanteringsförmåga kan ökas.
- 15 Enligt en föredragen utföringsform av uppfinningen väljs inom varje nämnd halvperiod hos fasutgångens spänningsbörvärde väsentligen varje gång likspänningssidans mittpunkt skall anslutas till fasutgången det motsatta nolltillståndet mot det närmast föregående nolltillståndet. Härigenom kommer i likriktar- och växelriktardrift en väsentligen jämn fördelning av switchförlusterna i de
- 20 släckbara halvledarelementen i fyra av de sex enheternas halvledarelement att kunna ske. På motsvarande sätt uppkommer även en väsentligen jämn fördelning av switchförlusterna i dioddelen i fyra av de sex enheternas halvledarelement.
- 25 Enligt en annan föredragen utföringsform av uppfinningen styrs enheternas halvledarelement så att en växling mellan de båda nolltillstånden alltid separeras av en anslutning av likspänningssidans plus- eller minuspol till fasutgången. Härigenom kan det
- 30 tillses att inte några extrakommuteringar uppstår under den död-tid som skulle resultera om det växledes från det ena nolltillståndet till det andra.
- 35 Enligt en annan föredragen utföringsform av uppfinningen tänds varje gång likspänningssidans mittpunkt skall anslutas till fasutgången såväl halvledarelementen i den andra och femte enheten som de i den tredje och sjätte enheten för samtidigt uppnående



- av båda nolltillstånden. Uppfinningen inbegriper således även en  
möjlighet att välja båda nolltillstånden samtidigt, varvid då  
strömmen kan välja den väg den "vill". Detta sätt att välja båda  
nolltillstånden samtidigt på reducerar antalet möjliga tillstånd och  
5 kan därigenom förenkla styrningen av omriktaren. Det påpekas  
att "tänds" även inbegriper "låta vara tänd", det vill säga halvle-  
darelementen hos någon eller några av de angivna enheterna  
skulle kunna vara tända redan innan likspänningssidans mitt-  
punkt anslutes till fasutgången.
- 10 Enligt en annan föredragen utföringsform av uppfinningen styrs  
enheternas halvledarelement så att en växling mellan att ansluta  
plus- och minuspolen till fasutgången alltid separeras av en an-  
slutning av likspänningssidans mittpunkt enligt ett av nolltillstån-  
15 den till fasutgången. Härigenom undviks i annat fall genererade  
stora switchförluster och höga spänningssprång på fasutgången.  
Det är därvid även möjligt att båda nolltillstånden samtidigt upp-  
nås enligt den föregående utföringsformen.
- 20 Enligt en annan mycket föredragen utföringsform av uppfinningen  
styrs enheternas halvledarelement att tillsammans omväxlande  
intaga fyra olika tillstånd, nämligen ett första tillstånd för anslu-  
tande av likspänningssidans pluspol till fasutgången, ett andra  
tillstånd för anslutning av likspänningssidans minuspol till fasut-  
25 gången samt ett tredje och fjärde tillstånd för anslutning av lik-  
spänningssidans mittpunkt till fasutgången. Genom att endast  
utnyttja fyra olika tillstånd hos enheternas halvledarelement, det  
vill säga fyra olika kombinationer av tända och släckta halvleder-  
element, blir själva förfarandet för styrning av halvledarelemen-  
30 ten mycket enkelt. Det påpekas att det i praktiken naturligtvis fö-  
rekommer ett femte möjligt tillstånd hos denna utföringsform,  
nämligen när omriktaren är ur drift och då alla halvledarele-  
menten är släckta. Det är här möjligt att välja olika kombinationer  
för uppnående av det första och andra tillståndet, varvid för upp-  
35 nående av det första tillståndet enheterna 1 och 2 måste vara le-  
dande och för uppnående av det andra tillståndet enheterna 3  
och 4 måste vara ledande.

Genom att hos en annan föredragen utföringsform av uppfinningen styra halvledarelementen hos den första och sjätte enheten att alltid intaga samma tillstånd, tändt eller släckt, och halvledarelementen i den fjärde och femte enheten att alltid intaga samma tillstånd, tändt eller släckt, blir det möjligt att använda sig av samma styrsignal för halvledarelementen i den första och sjätte enheten respektive i den fjärde och femte enheten, så att det i praktiken räcker med fyra styrsignaler för styrande av de sex enheterna.

Enligt en annan föredragen utföringsform av uppfinningen förreglas halvledarelementen i den första och sjätte enheten relativt halvledarelementen i den fjärde och femte enheten, så att när halvledarelementen hos något av dessa enhetspar skall tändas först halvledarelementen hos det andra enhetsparet styrs att släckas. Härigenom förhindras en oönskad snabb urladdning av endera av DC-sidans kondensatorer via den första och femte enheten alternativt den sjätte och den fjärde enheten. Enligt en annan föredragen utföringsform av uppfinningen förreglas på motsvarande sätt halvledarelementen i den andra enheten relativt de i den tredje enheten, varigenom på samma sätt förhindras att en oönskad snabb urladdning av endera av DC-sidans kondensatorer sker via antingen den första, andra, tredje och sjätte enheten eller via den femte, andra, tredje och fjärde enheten.

Enligt en annan föredragen utföringsform av uppfinningen utförs under en första tidsperiod liggande på ömse sidor om en nollgenomgång hos fasströmmens grundtonskomponent på fasutgången växlingarna mellan anslutning av pluspolen respektive minuspolen till fasutgången och ett nolltillstånd hos denna så att en stor strömkommuteringsloop erhålles och under en andra tidsperiod mellan sådana första tidsperioder med ett högre absolutvärde hos fasströmmen utförs sistnämnda växlingar så att en liten strömkommuteringsloop erhålles. Härigenom kan de sammanlagda förlusterna hos omriktaranordningen minskas, eftersom kommuteringsinduktansen hålls låg när strömstyrkan är

hög och en högre induktans tillåtes när strömstyrkan är låg, under bibehållande av möjligheten att fördela switchförlusterna väsentligen jämnt på de olika enheternas halvledarelement.

- 5 Enligt föredragna utföringsformer väljs vid likriktar- eller växelriktardrift av omriktaren den första perioden att sträcka sig över en fasvinkel hos fasströmmen av 50-65°, företrädesvis 55-60°, på var sida om nämnda nollgenomgång, medan den första perioden väljs att vid drift av omriktaren för överföring av i huvudsak re-
- 10 aktiv effekt sträcka sig över en fasvinkel hos fasströmmen av 25-40°, företrädesvis 30-35°, på var sida om nämnda nollgenomgång. Det har befunnits att genom väljandet av en sådan första och andra period den maximalt genom omriktaren överförbara effekten ökas.

- 15 Uppfinningen avser även en apparat, ett datorprogram samt en datorprogramprodukt enligt motsvarande bifogade patentkrav. Det inses lätt att förfarandet enligt uppfinningen definierat i bifogade uppsättning förfarandepatentkrav är väl lämpat att utföras
- 20 genom programinstruktioner från en processor påverkbar av ett med ifrågavarande programsteg försett datorprogram. Ehuru ej explicit uttryckt i patentkrav inbegriper uppfinningen sådana apparater, datorprogram och datorprogramprodukter kombinerade med ett förfarande enligt vilket som helst av bifogade förfarandepatentkrav.
- 25

Ytterligare fördelar med samt fördelaktiga särdrag hos uppfinningen framgår av den efterföljande beskrivningen samt övriga osjälvständiga patentkrav.

30

#### KORT BESKRIVNING AV RITNINGARNA

- Här nedan beskrivs såsom exempel anförda föredragna utföringsformer av uppfinningen under hänvisning till bifogade rit-
- 35 ningar, på vilka:

fig 1 schematiskt illustrerar en omriktaranordning av tre-nivå-typ av det slag på vilket det uppfinningsenliga förfarandet är applicerbart,

5

fig 2 illustrerar schematiskt hur ett pulsbreddsmoduleringsmönster läggs ut på fasutgången hos en omriktare enligt fig 1,

10

fig 3 är ett förenklat blockschema illustrerande principen för styrning av en omriktare enligt fig 1 enligt föreliggande uppfinning,

15

fig 4 illustrerar utvecklingen av fasströmmen på fasutgången hos en omriktare enligt fig 1 och hur enligt en föredragen utföringsform av uppfinningen olika styrscheman väljs under olika tidsperioder, och

20

fig 5 är ett diagram illustrerande maximal överförbar aktiv och reaktiv effekt via en omriktare enligt fig 1, för förfaranden enligt olika utföringsformer av uppfinningen.

#### DETALJERAD BESKRIVNING AV FÖREDRAGNA UTFÖRINGSFORMER AV UPPFINNINGEN

25

I fig 1 illustreras uppbyggnaden av en tre-nivå-omriktare av det slag som finns beskrivet i sökandens ovannämnda svenska patentansökning 9800205-8. Det illustreras här hur omriktaren uppvisar tre så kallade fasben 1-3 med var sin fasutgång 4-6 för anslutande av omriktarens växelspänningssida via en reaktor och/eller transformator till ett trefas-växelspänningsnät, men här efter kommer endast det ena av dessa fasben att diskuteras. Det är även fullt möjligt att omriktaren är ansluten till ett enfas-växelspänningsnät eller växelspänningssidan kan förutom AC-nätet anslutas till en generator eller en motor. Omriktaren är en så kallad VSC-omriktare, vilken uppvisar en mellan två poler, en positiv 7 och en negativ 8, hos en likspänningssida hos omriktaren anordnad seriekoppling av fyra enheter S1-S4, vilka vardera innefattar ett släckbart halvledarelement 13-16 och en därmed

30

35

antiparallellt kopplad diod 17-20 och är givna ordningsnummer efter ordningen i seriekopplingen från den positiva till den negativa polen.

- 5 Två seriekopplade kondensatorer 21, 22 är anordnade mellan nämnda båda poler, och en punkt 23 (likspänningssidans mittpunkt) mellan dessa (vilket normalt är fallet) är ansluten till jord 9 via en impedans  $Z$ , varvid denna impedans kan variera från noll (= direktjordning av likspänningssidans mittpunkt) till ett värde  $X$  (= impedansjordning av likspänningssidans mittpunkt, via till exempel en resistans  $R$  eller en induktans  $L$ ) upp till ett värde  $X_{\max}$  (= ojordad mittpunkt, där jordningen enbart bestäms av strökapacitanser mellan likspänningssidans mittpunkt och jord), så att på detta sätt potentialerna  $+U/2$  respektive  $-U/2$  tillhandahålls hos respektive pol, varvid  $U$  är spänningen mellan de båda polerna 7, 8.

- 20 En andra mittpunkt 24 hos seriekopplingen mellan den första och andra enheten är via en femte enhet  $S_5$  med dioden 26 med ledriktning med avseende på fasutgången 4 motsatt ledriktningen hos den andra enhetens diod ansluten till likspänningssidans mittpunkt och en tredje mittpunkt 27 hos seriekopplingen mellan den tredje och fjärde enheten är via en sjätte nämnd enhet  $S_6$  med dioden 29 med ledriktning med avseende på fasutgången motsatt den tredje enhetens diod ansluten till likspänningssidans mittpunkt.

- 30 De släckbara halvledarelementen hos enheterna  $S_1$ - $S_6$  kan exempelvis vara IGBT-er eller GTO-er. Fastän endast en IGBT eller GTO per enhet visats kan denna stå för en mängd, seriekopplade, simultant styrda IGBT-er eller GTO-er, vilket ävenledes normalt är fallet, då det krävs ett förhållandevis stort antal sådana halvledarelement för att hålla den spänning som varje enhet måste hålla i blockerat tillstånd, då exempelvis likspänningssidan har en spänning överstigande 10 kV. Likaså kan varje visad diod, så kallad frihjulsdiod, stå för en mängd seriekopplade dioder.

De i omriktaren ingående halvledarelementen styrs via en schematiskt antydd inrättning 30 att tändas och släckas för att omväxlande ansluta likspänningssidans mittpunkt, pluspol och minuspol till fasutgången hos respektive fasben för alstrande av ett tåg av pulser med bestämda amplituder enligt ett pulsbreddsmoduleringsmönster (PWM) på fasutgången. Därvid är pulsbreddsmoduleringsfrekvensen betydligt högre än, med fördel åtminstone 5 gånger så hög, mera föredraget åtminstone 10 gånger så hög och mest föredraget åtminstone 20 gånger så hög som grundfrekvensen hos den normalt väsentligen sinusformade växelströmmen på omriktarens fasutgång. Således kan pulsbreddsmoduleringsfrekvensen företrädesvis vara i storleksordningen 1-2 kHz, medan grundfrekvensen, det vill säga den frekvens grundtonen hos fasströmmen på fasutgången har, typiskt sett är 50 Hz eller 60 Hz. Vid generator- eller motoransluten omriktare kan dock frekvensen hos strömmen variera inom ett stort område

Omriktaranordningen kan drivas på olika sätt, såsom för överföring av aktiv effekt som likriktare eller som växelriktare, eller för överförande av reaktiv effekt, eller för överföring av en kombination av aktiv och reaktiv effekt.

Likspänningssidans mittpunkt 23 är anslutbar till fasutgången 4 genom två olika så kallade nolltillstånd, nämligen ett första i vilket den andra S2 och den femte S5 enheten är i ledande tillstånd, och ett andra, i vilket den tredje S3 och den sjätte S6 enheten är i ledande tillstånd. Uppfinningen avser ett förfarande som utnyttjar denna valmöjlighet av nolltillstånd för styrande av omriktaren så att företrädesvis summan av switch- och ledförlusterna fördelas jämnare mellan halvledarelementen hos fyra av de sex enheterna, och hur sådan styrning kan ske enligt föredragna utföringsformer av uppfinningen kommer nu att beskrivas.

35

Enligt en första mycket föredragen utföringsform av uppfinningen styrs halvledarelementen hos enheterna S1-S6 enligt följande schema:

5

	S1, S6	S2	S3	S4, S5
+	1	1	0	0
N1	0	1	0	1
N2	1	0	1	0
-	0	0	1	1

10

Således styrs enheternas halvledarelement att tillsammans omväxlande intaga fyra olika tillstånd, nämligen ett första tillstånd (+) för anslutande av likspänningssidans pluspol till fasutgången, ett andra tillstånd (-) för anslutande av likspänningssidans minuspol till fasutgången samt ett tredje (N1) och fjärde (N2) tillstånd för anslutning av likspänningssidans mittpunkt till fasutgången. Därvid styrs den första och sjätte enheten att alltid intaga samma tillstånd, tänd eller släckt, och halvledarelementen i den fjärde och femte enheten styrs att alltid intaga samma tillstånd, tänd eller släckt. Detta innebär att halvledarelementen hos den första och sjätte enheten kan styras genom en och samma styrsignal, och detsamma gäller för halvledarelementen hos den fjärde och femte enheten. Enligt en mycket enkel utföringsform av uppfinningen väljs varannan gång det switchas mellan å ena sidan den positiva eller negativa potentialen på fasutgången och å andra sidan en nollpotential på denna det tredje tillståndet som nolltillstånd och varannan gång det fjärde tillståndet som nolltillstånd, vilket vid lik- och växelriktardrift medför en jämnare fördelning av summan av förlusterna på de olika enheternas halvledarelement, så att fasströmmen kan höjas i förhållande till en konventionell trenivåomriktare av NPC-typ innan den termiska gränsen nås för något halvledarelement och därigenom en högre effekt kan hanteras av omriktaren.

15

20

25

30

35

Det är genom detta kontrollschema mycket enkelt att undvika genomtändning genom att en förregling görs mellan enhetsparen S1, S6 och S4, S5, så att motstående enheters halvledarelement har släcksignal innan halvledarelementen som skall tändas får tändsignal. Skulle inte en sådan förregling vara förhanden och exempelvis S1, S6 tändas innan S4, S5 släcks vid växlande från det tredje tillståndet till det första tillståndet, då kommer kondensatorerna 21 och 22 att kortslutas kortvarigt och stora kortslutningsströmmar uppstå. Likaså görs en förregling mellan den andra enheten S2 och den tredje enheten S3, så att den ena av dessa enheters halvledarelement har släcksignal innan den andra av dessa enheters halvledarelement som skall tändas får tändsignal. Skulle nämligen inte en sådan förregling vara förhanden och exempelvis S2 tändas innan S3 släcks vid växlande från det tredje till det andra tillståndet, då kommer kondensatorn 22 att kortslutas kortvarigt och stora kortslutningsströmmar uppstå.

I fig 2 illustreras hur ett pulsbreddsmoduleringsmönster typiskt sett kan se ut för en omriktare av det slag som visas i fig 1. Därvid är den visade sinuskurvan 31 spänningsbörvärdet på omriktarens fasutgång 4, medan det framgår att när nämnda börvärde är positivt ansluts omväxlande likspänningssidans pluspol och dess mittpunkt 23 till fasutgången, det vill säga positiva pulser och nollpulser med skiftande bredd växlas, medan när nämnda börvärde är negativt det växlas mellan negativa pulser och nollpulser. Enligt uppfinningen intages under en halvperiod  $p$  med antingen positivt eller negativt börvärde hos spänningen varje av nämnda två olika nolltillstånd åtminstone en gång. Detta betyder att åtminstone en av nollpulserna 32, 32'... är hänförlig till ett nolltillstånd som skiljer sig från åtminstone det hos åtminstone en av övriga nollpulser eller båda nolltillstånden intages vid uppnående av de olika nollpulserna. Hos den ovan beskrivna förenklade utföringsformen av uppfinningen, där nolltillstånd växlas varje gång, skulle nollpulserna 32 och 32" motsvara samma nolltillstånd, medan pulserna 32' och 32'" skulle motsvara samma, men det andra nolltillståndet.



- I fig 3 illustreras mycket schematiskt hur styrningen genom styrinrättningen 30 i praktiken går till. Ett referensvärde motsvarande fasuttagets spänningsbörvärde inkommer vid 33 till en pulsbreddsmoduleringsgenerator 34, vilken utarbetar det i fig 2 visade pulsbreddsmoduleringsmönstret och sänder en pulsbreddsmoduleringsignal på sin utgång 35, vilken beordrar en positiv, negativ eller nollpuls på fasutgången, till en nolltillståndsväljare 36, vilken sänder en pulsbreddsmoduleringsignal innehållande uppgift även om vilket nolltillstånd som skall väljas när en nollpuls skall läggas ut på fasutgången, till ett medel 37 för styrande av de olika enheternas S1-S6 halvledarelement att tändas eller släckas, vilket illustreras genom de sex pilarna 38 till halvledarelementen.
- 15 Enligt en annan föredragen utföringsform av uppfinningen avses att under en första tidsperiod T1 (se fig 4) liggande på ömse sidor om en nollgenomgång 0 hos grundtonskomponenten hos fasströmmen I på fasutgången utförs växlingarna mellan anslutning av pluspolen respektive minuspolen till fasutgången och ett nolltillstånd hos denna så att en stor strömkommuteringsloop erhålles och under en andra tidsperiod T2 mellan sådana första tidsperioder med ett högre absolutvärde hos fasströmmen utförs sistnämnda växlingar så att en liten strömkommuteringsloop erhålles. Vid styrschemat enligt ovan med de fyra olika tillstånden
- 20 innebär detta att under den första tidsperioden T1 växlas vid positivt spänningsbörvärde hos fasuttaget mellan det första och fjärde tillståndet och vid negativt spänningsbörvärde hos fasuttaget mellan det andra och tredje tillståndet, och under den andra tidsperioden T2 växlas vid positivt spänningsbörvärde hos fasuttaget mellan det första och tredje och vid negativt spänningsbörvärde hos fasuttaget mellan det andra och fjärde tillståndet. Genom att på detta sätt egentligen byta styrschema beroende på hur hög fasströmmens grundtonskomponent är kan de induktiva kommuteringsförlusterna hos omriktaranordningen hållas nere,
- 30 då den stora kommuteringsloopen endast används när strömmen är låg, men ändå kan en jämn fördelning av summan av förlusterna under en halvperiod av fasströmmens grundton på de
- 35

olika enheternas halvledarelement ske. På detta sätt kan förlusterna nedbringas något ytterligare i förhållande till det ovan beskrivna förenklade styrschemat, då ju den stora kommuteringsloopen stundom även väljs vid höga strömmar. Således erhålles exempelvis utifrån en anslutning av pluspolen till fasutgången genom ledning av S1 och S2 en liten kommuteringsloop vid därpå följande anslutning av mittpunkten 23 till fasutgången via S5 och S2 och en stor kommuteringsloop via anslutning av mittpunkten 23 via S6 och S3.

Förutom det beskrivna styrschemat finns en mängd andra styrscheman som kan ge lika bra resultat men vara mer eller mindre komplicerade att åstadkomma. Nedan visas ett exempel på ett sådant styrschema enligt en annan utföringsform av uppfinningen för styrning av en omriktare enligt fig 1 genom åtta olika tillstånd, av vilka tillstånden 1-4 enligt ett första styrschema används under ovannämnda andra tidsperiod och det femte till och med åttonde tillståndet enligt det andra styrschemat under nämnda första tidsperiod.

Styrschema 1

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
+	1	1	0	0	0	0
N1	0	1	0	0	1	0
N2	0	0	1	0	0	1
-	0	0	1	1	0	0

Styrschema 2

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
+	1	1	0	0	0	1
N1	1	0	1	0	0	1
N2	0	1	0	1	1	0
-	0	0	1	1	1	0

Att även ytterligare styrscheman kan åstadkommas kan inses på följande sätt: För att uppnå +-tillståndet måste den första och

- andra enheten vara ledande, men om halvledarelementet i den sjätte enheten är tändt eller ej är valfritt. Likaså måste den tredje och fjärde enheten vara ledande för att uppnå -tillståndet, men det är egalt om den femte enhetens halvledarelement är tänd eller ej. Ett nolltillstånd kan uppnås genom att halvledarelementen hos den andra och femte enheten är tända, men det är då valfritt att ha halvledarelementet i den fjärde enheten tänd. Likaså kan ett annat nolltillstånd uppnås genom att ha halvledarelementen i den tredje och sjätte enheten tända, men det är valfritt att ha halvledarelementet i den första enheten tänd. Av detta framgår att en mängd olika styrscheman är möjliga, men det tidigare beskrivna styrschemat med endast fyra tillstånd är enklare att implementera.
- 15 I fig 5 illustreras i ett P- (aktiv effekt)- Q (reaktiv effekt)-diagram hur den maximalt tillåtna fasströmmen vid olika typer av drift ser ut för fallet av det förenklade styrschemat enligt ovan med byte av nolltillstånd varannan gång (kurva A) och styrschemat enligt ovan under anpassande av strömkommuteringslooper till fasströmmens storlek (kurva B). Växelriktardrift och likriktardrift indikeras genom V respektive L. I detta exempel innebär det att det vid överförande av reaktiv effekt är störst vits med att använda sig av ett skiftande mellan olika styrscheman beroende på fasströmmens storlek. Vidare har det visat sig att den optimala fasvinkeln för den första tidsperioden är ca  $\pm 30^\circ$  från nollgenomgången hos fasströmmens grundton vid reaktiv ström och ca  $\pm 60^\circ$  från nollgenomgången hos fasströmmens grundton vid aktiv ström, och det är således fördelaktigt att ligga mellan dessa värden vid aktiv och reaktiv ström för att uppnå en så jämn förlustfördelning som möjligt mellan de olika enheternas halvledarelement.
- 25
- 30
- 35 Beräkningar har visat att fasströmmen kan typiskt ökas med en faktor av 1,3-1,5 genom användande av förfarandena enligt ovan beskrivna utföringsformer av uppfinningen i jämförelse med den termiskt begränsade ström som kan tillåtas i en motsvarande NPC-omriktare. Denna faktor är starkt beroende på andelen

switchförluster relativt ledförluster. Dock omfördelas även ledförluster på ett fördelaktigt sätt genom detta styrförfarande.

- Uppfinningen är givetvis inte på något sätt begränsad till de ovan
- 5 beskrivna föredragna utföringsformerna, utan en mängd möjligheter till modifikationer därav torde vara uppenbara för en fackman på området, utan att denna avviker från uppfinningens grundtanke, sådan denna definieras i patentkraven.
- 10 En mängd andra möjligheter till styrscheman som utnyttjar den uppfinningsenliga grundtanken torde vara uppenbara för fackmän på området.
- 15 Det påpekas att det i fallet av ett ej sinusformat spänningsbörvärde skulle kunna förekomma flera växlingar av tecken hos spänningsbörvärdet under en halvperiod hos fasströmmens grundtonskomponent, och detta är anledningen till att halvperioden i de självständiga patentkraven även vad gäller sin tidslängd relaterats till nämnda grundtonskomponent, då det är under den
- 20 halvperioden som de båda nolltillstånden skall intagas åtminstone var sin gång.

Patentkrav

1. Förfarande för styrning av en VSC-omriktare för omriktning av växelspanning till likspänning och vice versa, vilken innefattar en
- 5 mellan två poler, en positiv (7) och en negativ (8), hos en likspänningssida hos omriktaren anordnad seriekoppling av fyra enheter (S1-S4), vilka vardera innefattar ett släckbart halvledarelement (13-16) och en därmed antiparallellt kopplad diod (17-20) och är givna ordningsnummer efter ordningen i seriekopplingen från den positiva till den negativa polen, en växelspanningsfasledning ansluten till en första mittpunkt, benämnd fasutgång (4), hos seriekopplingen mellan den andra och tredje enheten, medel (9) anordnade att på nämnda likspänningssida tillhandahålla en mittpunkt (23) mellan de båda polerna och lägga
- 10 dessa poler på samma spänning men med motsatta tecken i förhållande till likspänningssidan mittpunkt, varvid en andra mittpunkt (24) hos seriekopplingen mellan den första och andra enheten är via en femte nämnd enhet (S5) med dioden (26) med ledriktningen med avseende på fasutgången (4) motsatt ledriktningen hos den andra enhetens diod ansluten till likspänningssidans mittpunkt (23) och en tredje mittpunkt (27) hos seriekopplingen mellan den tredje och fjärde enheten är via en sjätte nämnd enhet (S6) med dioden (29) med ledriktningen med avseende på fasutgången motsatt den tredje enhetens diod ansluten
- 20 till likspänningssidans mittpunkt, vid vilket enheternas halvledarelement styrs att tändas och släckas så att växelspanningsfasledningen omväxlande ansluts till likspänningssidans mittpunkt (23), pluspol (7) och minuspole (8) för alstrande av ett tåg av pulser med bestämda amplituder enligt ett pulsbreddsmoduleringsmönster på omriktarens fasutgång, varvid likspänningssidans mittpunkt är anslutbar till fasutgången genom två olika så kallade nolltillstånd, nämligen ett första i vilket den andra och femte enheten är i ledande tillstånd, och ett andra, i vilket den tredje och den sjätte enheten är i ledande tillstånd, kännetecknat därav, att
- 30 enheternas halvledarelement styrs så att båda nolltillstånden intages åtminstone var sin gång under en halvperiod under vilken
- 35

grundtonskomponenten hos ett spänningsbörvärde hos fasutgången är positiv eller negativ.

- 5 2. Förfarande enligt krav 1, kännetecknat därav, att enheternas (S1-S6) halvledarelement styrs för uppnående av nämnda omväxlande anslutningar till fasutgången (4) enligt ett mönster som vid likriktar- eller växelriktardrift fördelar switchförlusterna väsentligen jämnt mellan de släckbara halvledarelementen hos åtminstone fyra av de sex enheterna.
- 10 3. Förfarande enligt krav 1, kännetecknat därav, att enheternas (S1-S6) halvledarelement styrs för uppnående av nämnda omväxlande anslutningar till fasutgången (4) enligt ett mönster som vid likriktar- och växelriktardrift fördelar summan av switch- och
- 15 ledförlusterna väsentligen jämnt mellan de släckbara halvledarelementen hos åtminstone fyra av de sex enheterna.
- 20 4. Förfarande enligt krav 1, kännetecknat därav, att enheternas (S1-S6) halvledarelement styrs för uppnående av nämnda omväxlande anslutningar till fasutgången (4) enligt ett mönster som vid reaktiv drift syftar till att minska summan av switch- och ledförlusterna i de släckbara halvledarelementen hos den andra och tredje enheten.
- 25 5. Förfarande enligt något av kraven 1-4, kännetecknat därav, att inom varje nämnd halvperiod hos grundtonskomponenten hos fasutgångens (4) spänningsbörvärde mer än en tredjedel av de gånger likspänningssidans mittpunkt (23) skall anslutas till fasutgången (4) det motsatta nolltillståndet mot det föregående nolltillståndet väljs.
- 30 6. Förfarande enligt något av kraven 1-4, kännetecknat därav, att inom varje nämnd halvperiod hos grundtonskomponenten hos fasutgångens (4) spänningsbörvärde väsentligen varje gång likspänningssidans mittpunkt (23) skall anslutas till fasutgången (4) det motsatta nolltillståndet mot det närmast föregående nolltillståndet väljs.
- 35

7. Förfarande enligt något av kraven 1-6, kännetecknat därav, att enheternas halvledarelement styrs så att en växling mellan de båda nolltillstånden (N1, N2) alltid separeras av en anslutning av likspänningssidans plus- eller minuspol till fasutgången.

8. Förfarande enligt något av kraven 1-3, kännetecknat därav, att någon gång under varje nämnd halvperiod hos grundtons-komponenten hos fasutgångens spänningsbörvärde som likspänningssidans mittpunkt (23) skall anslutas till fasutgången tänds såväl halvledarelementen i den andra och femte enheten (S2, S5) som de i den tredje och sjätte enheten (S3, S6) för samtidigt uppnående av båda nolltillstånden.

9. Förfarande enligt krav 8, kännetecknat därav, att varje gång likspänningssidans mittpunkt (23) skall anslutas till fasutgången tänds såväl halvledarelementen i den andra och femte enheten (S2, S5) som de i den tredje och sjätte enheten (S3, S6) för samtidigt uppnående av båda nolltillstånden.

10. Förfarande enligt något av kraven 1-9, kännetecknat därav, att enheternas halvledarelement styrs så att en växling mellan att ansluta plus- och minuspolen till fasutgången alltid separeras av en anslutning av likspänningssidans mittpunkt enligt ett av nolltillstånden (N1, N2) till fasutgången.

11. Förfarande enligt krav 10, kännetecknat därav, att enheternas (S1-S6) halvledarelement styrs att tillsammans omväxlande intaga fyra olika tillstånd, nämligen ett första tillstånd för anslutande av likspänningssidans pluspol till fasutgången, ett andra tillstånd för anslutning av likspänningssidan minuspol till fasutgången samt ett tredje och fjärde tillstånd för anslutning av likspänningssidans mittpunkt till fasutgången.

12. Förfarande enligt krav 11, kännetecknat därav, att halvledarelementen hos den första (S1) och sjätte (S6) enheten styrs att alltid intaga samma tillstånd, tändt eller släckt, och att halvledar-

elementen i den fjärde (S4) och femte (S5) enheten styrs att alltid intaga samma tillstånd, tänd eller släckt.

5 13. Förfarande enligt krav 12, kännetecknat därav, att halvledarelementen hos den första och sjätte enheten styrs genom att sända samma styrsignal till dem och de hos den fjärde och femte enheten styrs genom att sända samma styrsignal till dem.

10 14. Förfarande enligt något av kraven 11-13, kännetecknat därav, att det första tillståndet uppnås genom att styra halvledarelementen i den första, andra och sjätte enheten (S1, S2, S6) att vara tända och de i den tredje, fjärde och femte enheten (S3, S4, S5) att vara släckta, det andra tillståndet genom att halvledarelementen i den tredje, fjärde och femte enheten styrs att vara  
15 tända och de i den första, andra och sjätte enheten att vara släckta, det tredje tillståndet (N1) genom att halvledarelementen i den andra, fjärde och femte enheten styrs att vara tända och de i den första, tredje och sjätte enheten att vara släckta, och det fjärde tillståndet (N2) genom att halvledarelementen i den första,  
20 tredje och sjätte enheten styrs att vara tända och de i den andra, fjärde och femte enheten att vara släckta.

25 15. Förfarande enligt något av kraven 11-14, kännetecknat därav, att halvledarelementen i den första (S1) och sjätte (S6) enheten förreglas relativt halvledarelementen i den fjärde (S4) och femte (S5) enheten, så att när halvledarelementen hos något av dessa enhetspar skall tändas först halvledarelementen hos det andra enhetsparet styrs att släckas.

30 16. Förfarande enligt något av kraven 11-15, kännetecknat därav, att halvledarelementen i den andra enheten (S2) förreglas relativt halvledarelementen i den tredje enheten (S3), så att när halvledarelementen hos någon av dessa enheter skall tändas först halvledarelementen hos den motsatta av dessa båda enheter  
35 styrs att släckas.



17. Förfarande enligt krav 1, kännetecknat därav, att enheternas halvledarelement styrs att tillsammans omväxlande intaga åtta olika tillstånd, nämligen fyra tillstånd enligt ett första styrschema i form av ett första tillstånd för anslutande av likspänningssidans pluspol till fasutgången, ett andra tillstånd för anslutning av likspänningssidans minuspol till fasutgången samt ett tredje (N1) och fjärde (N2) tillstånd för anslutning av likspänningssidans mittpunkt (23) till fasutgången, samt fyra tillstånd enligt ett andra styrschema i form av ett femte tillstånd för anslutande av likspänningssidans pluspol till fasutgången, ett sjätte tillstånd för anslutning av likspänningssidans minuspol till fasutgången samt ett sjunde (N1) och åttonde tillstånd (N2) för anslutning av likspänningssidans mittpunkt till fasutgången.
18. Förfarande enligt krav 17, kännetecknat därav, att i det första tillståndet styrs halvledarelementen i de första (S1) och andra (S2) enheterna att vara tända och de i den tredje (S3), fjärde (S4), femte (S5) och sjätte (S6) enheten att vara släckta, i det andra tillståndet halvledarelementen i den tredje och fjärde enheten att vara tända och de i den första, andra, femte och sjätte enheten att vara släckta, i det tredje tillståndet halvledarelementen i den andra och femte enheten att vara tända och de i den första, tredje, fjärde och sjätte enheten att vara släckta, i det fjärde tillståndet halvledarelementen i den tredje och sjätte enheten att vara tända och de i den första, andra, fjärde och femte enheten att vara släckta, i det femte tillståndet halvledarelementen i den första, andra och sjätte enheten att vara tända och de i den tredje, fjärde och femte enheten att vara släckta, i det sjätte tillståndet halvledarelementen i den tredje, fjärde och femte enheten att vara tända och de i den första, andra och sjätte enheten att vara släckta, i det sjunde tillståndet halvledarelementen i den första, tredje och sjätte enheten att vara tända och de i den andra, fjärde och femte enheten att vara släckta, och i det åttonde tillståndet halvledarelementen i den andra, fjärde och femte enheten att vara tända och i den första, tredje och sjätte enheten att vara släckta.

19. Förfarande enligt något av kraven 8-18, kännetecknat därav, att under en första tidsperiod (T1) liggande på ömse sidor om en nollgenomgång (0) hos fasströmmens grundtonskomponent (I) på fasutgången (4) utförs växlingarna mellan anslutning av pluspolen respektive minuspolen till fasutgången och ett nolltillstånd hos denna så att en stor strömkommuteringsloop erhålles och under en andra tidsperiod (T2) mellan sådan första tidsperioder med ett högre absolutvärde hos fasströmmen utförs sistnämnda växlingar så att en liten strömkommuteringsloop erhålles.
20. Förfarande enligt krav 19, kännetecknat därav, att vid likriktar- eller växelriktardrift av omriktaren väljs den första perioden (T1) att sträcka sig över en fasvinkel hos fasströmmens grundtonskomponent av 50-65°, företrädesvis 55-60°, på var sida om nämnda nollgenomgång.
21. Förfarande enligt krav 19, kännetecknat därav, att vid drift av omriktaren för överföring av i huvudsak reaktiv effekt väljs den första perioden (T1) att sträcka sig över en fasvinkel hos fasströmmens grundtonskomponent av 25-40°, företrädesvis 30-35°, på var sida om nämnda nollgenomgång.
22. Förfarande enligt krav 11 och 19, kännetecknat därav, att under den första tidsperioden (T1) växlas vid positivt spänningsbörvärde hos fasuttaget mellan det första och fjärde (N2) tillståndet och vid negativt spänningsbörvärde hos fasuttaget mellan det andra och tredje (N1) tillståndet, och under den andra tidsperioden (T2) växlas vid positivt spänningsbörvärde hos fasuttaget mellan det första och tredje och vid negativt spänningsbörvärde hos fasuttaget mellan det andra och fjärde tillståndet.
23. Förfarande enligt krav 18 och 19, kännetecknat därav, att under den första tidsperioden (T1) väljs det andra styrschemat enligt vilket det växlas mellan det femte, sjätte, sjunde och åttonde tillståndet genom att vid positiv fasström växla mellan det femte och sjunde tillståndet och vid negativ fasström växla mel-

lan det sjätte och åttonde tillståndet, och under den andra tidsperioden (T2) väljs det första styrschemat enligt vilket det växlas mellan det första, andra, tredje och fjärde tillståndet genom att vid positiv fasström växla mellan det första och det tredje tillståndet och vid negativ fasström mellan det andra och det fjärde tillståndet.

24. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat därav, att det är halvledarelement (13-16, 10, 11) i form av IGBT:er (Insulated Gate Bipolar Transistors) som styrs att tändas och släckas.

25. Förfarande enligt något av kraven 1-23, kännetecknat därav, att det är halvledarelement (13-16, 10, 11) i form av GTO:er (Gate Turn-Off Thyristors) som styrs att tändas och släckas.

26. Förfarande enligt något av föregående krav, kännetecknat därav, att det är en VSC-omriktare med en likspänningssida bildad av ett likspänningsnät för överföring av högspänd likström (HVDC) och växelspänningsfasledningen tillhörande ett växelspänningsnät som styrs.

27. Förfarande enligt något av kraven 1-25, kännetecknat därav, att det är två VSC-omriktare hos en back-to-back-station med sina växelspänningssidor anslutna till ett och samma eller var sitt växelspänningsnät och sina likspänningssidor anslutna till varandra som styrs.

28. Förfarande enligt något av kraven 1-25, kännetecknat därav, att det är en VSC-omriktare ingående i en SVC (Static Var Compensator) med likspänningssidan bildad av fritt hängande kondensatorer och växelspänningsfasledningen tillhörande ett växelspänningsnät som styrs.

29. Förfarande enligt något av kraven 1-25, kännetecknat därav, att det är en VSC-omriktare med växelspänningssidan ansluten till en växelströmsmotor som styrs.

30. Förfarande enligt något av kraven 1-25, kännetecknat därav, att det är en VSC-omriktare med växelspanningssidan ansluten till en växelströmsgenerator som styrs.

- 5 31. VSC-omriktare för omriktning av växelspanning till likspänning och vice versa, vilken innefattar en mellan två poler, en positiv (7) och en negativ (8), hos en likspänningssida hos omriktaren anordnad seriekoppling av fyra enheter (S1-S4), vilka vardera innefattar ett släckbart halvledarelement (13-16) och en
- 10 därmed antiparallellt kopplad diod (17-20) och är givna ordningsnummer efter ordningen i seriekopplingen från den positiva till den negativa polen, en växelspanningsfasledning ansluten till en första mittpunkt, benämnd fasutgång (4), hos seriekopplingen mellan den andra och tredje enheten, medel (9) anordnade att på
- 15 nämnda likspänningssida tillhandahålla en mittpunkt (23) mellan de båda polerna och lägga dessa poler på samma spänning men med motsatta tecken i förhållande till likspänningssidan mittpunkt, varvid en andra mittpunkt (24) hos seriekopplingen mellan den första och andra enheten är via en femte (S5) nämnd enhet
- 20 med dioden (26) med ledriktningen med avseende på fasutgången motsatt ledriktningen hos den andra enhetens diod ansluten till likspänningssidans mittpunkt och en tredje mittpunkt (27) hos seriekopplingen mellan den tredje och fjärde enheten är via en sjätte (S6) nämnd enhet med dioden med ledriktningen
- 25 med avseende på fasutgången motsatt den tredje enhetens diod ansluten till likspänningssidans mittpunkt, varvid omriktaren även innefattar en inrättning (30) anordnad att styra enheternas halvledarelement att tändas och släckas för att omväxlande ansluta växelspanningsfasledningen till likspänningssidans mittpunkt (23), pluspol (7) och minuspol (8) för alstrande av en våg
- 30 av pulser med bestämda amplituder enligt ett pulsbreddsmoduleringsmönster på nämnda fasutgång (4), samt varvid likspänningssidans mittpunkt är anslutbar till fasutgången genom två olika så kallade nolltillstånd, nämligen ett första i vilket den
- 35 andra och femte enheten är i ledande tillstånd, och ett andra, i vilket den tredje och den sjätte enheten är i ledande tillstånd, kännetecknad därav, att inrättningen (30) är anordnad att styra

enheternas halvledarelement så att båda nolltillstånd en intages åtminstone var sin gång under en halvperiod under vilken grundtonskomponenten hos ett spänningsbörvärde hos fasutgången är positiv eller negativ.

5

32. Apparat för styrning av en VSC-omriktare för omriktning av växelspanning till likspänning och vice versa, vilken anordning innefattar en mellan två poler, en positiv (7) och en negativ (8), hos en likspänningssida hos anordningen anordnad seriekoppling av fyra enheter (S1-S6), vilka vardera innefattar ett släckbart halvledarelement (13-16) och en därmed antiparallellt kopplad diod (17-20) och är givna ordningsnummer efter ordningen i seriekopplingen från den positiva till den negativa polen, en växelspanningsfasledning som är ansluten till en första mittpunkt, benämnd fasutgång (4), hos seriekopplingen mellan den andra och tredje enheten, medel (9) anordnade att på nämnda likspänningssida tillhandahålla en mittpunkt (23) mellan de båda polerna och lägga dessa poler på samma spänning men med motsatta tecken i förhållande till likspänningssidans mittpunkt, varvid en andra mittpunkt (24) hos seriekopplingen mellan den första och andra enheten är via en femte (S5) nämnd enhet med dioden (26) med ledriktningen med avseende på fasutgången motsatt ledriktningen hos den andra enhetens diod ansluten till likspänningssidans mittpunkt och en tredje mittpunkt (27) hos seriekopplingen mellan den tredje och fjärde enheten är via en sjätte (S6) nämnd enhet med dioden (29) med ledriktning med avseende på fasutgången motsatt den tredje enhetens diod ansluten till likspänningssidans mittpunkt, vilken apparat innefattar en programmodul innehållande minst en processor anordnad att utföra programinstruktioner att styra enheternas halvledarelement så att växelspanningsfasledningen omväxlande ansluts till likspänningssidans mittpunkt (23), pluspol (7) och minuspol (8) för alstrande av ett tåg av pulser med bestämd amplitud enligt ett pulsbreddsmoduleringsmönster på omriktarens fasutgång, varvid likspänningssidans mittpunkt är anslutbar till fasutgången genom två olika så kallade nolltillstånd, nämligen ett första i vilket den andra och den femte enheten är i ledande tillstånd, och ett

35

andra, i vilket den tredje och den sjätte enheten är i ledande tillstånd, och att styra enheternas halvledarelement så att båda nolltillstånden intages åtminstone var sin gång under en halvperiod under vilken grundtonskomponenten hos ett spänningsbörvärde hos fasutgången är positiv eller negativ.

33. Datorprogram för styrning av en VSC-omriktare för omriktning av växelspänning till likspänning och vice versa, varvid datorprogrammet innefattar instruktioner för att påverka en processor att framkalla en mellan två poler, en positiv (7) och en negativ (8), hos en likspänningssida hos anordningen anordnad seriekoppling av fyra enheter (S1-S4), vilka vardera innefattar ett släckbart halvledarelement (13-16) och en därmed antiparallellt kopplad diod (17-20) och är givna ordningsnummer efter ordningen i seriekopplingen från den positiva till den negativa polen, en växelspänningsfasledning som är ansluten till en första mittpunkt, benämnd fasutgång (4), hos seriekopplingen mellan den andra och tredje enheten, medel (9) anordnade att på nämnda likspänningssida tillhandahålla en mittpunkt (23) mellan de båda polerna och lägga dessa poler på samma spänning men med motsatta tecken i förhållande till likspänningssidans mittpunkt, varvid en andra mittpunkt (24) hos seriekopplingen mellan den första och andra enheten är via en femte (S5) nämnd enhet med dioden (26) med ledriktningen med avseende på fasutgången motsatt ledriktningen hos den andra enhetens diod ansluten till likspänningssidans mittpunkt och en tredje mittpunkt (27) hos seriekopplingen mellan den tredje och fjärde enheten är via en sjätte (S6) nämnd enhet med dioden (29) med ledriktning med avseende på fasutgången motsatt den tredje enhetens diod ansluten till likspänningssidans mittpunkt, varvid datorprogrammet innefattar instruktioner för att påverka en processor att framkalla styrning av enheternas halvledarelement så att växelspänningsfasledningen omväxlande ansluts till likspänningssidans mittpunkt (23), pluspol (7) och minuspole (8) för alstrande av ett tåg av pulser med bestämd amplitud enligt ett pulsbreddsmoduleringsmönster på omriktarens fasutgång (4), varvid likspänningssidans mittpunkt är anslutbar till fasutgången genom två olika så kallade

- nolltillstånd, nämligen ett första i vilket den andra och den femte enheten är i ledande tillstånd, och ett andra, i vilket den tredje och den sjätte enheten är i ledande tillstånd, och styrning av enheternas halvledarelement så att båda nolltillstånden intages
- 5 åtminstone var sin gång under en halvperiod under vilken grund-
- tons-komponenten hos ett spänningsbörvärde hos fasutgången är positiv eller negativ.
34. Datorprogram enligt krav 33 tillhandahållet åtminstone delvis
- 10 över ett nätverk såsom Internet.
35. Datorprogramprodukt som kan laddas direkt in i internminnet hos en digital dator och innefattar mjukvarukodpartier för genomförande av stegen enligt något eller några av kraven 1-30
- 15 när produkten körs på en dator.

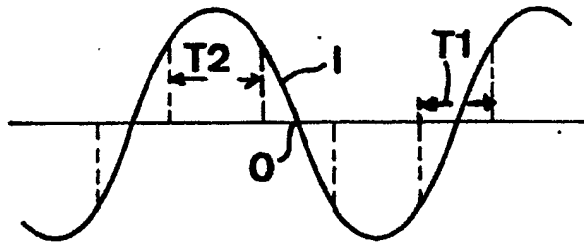
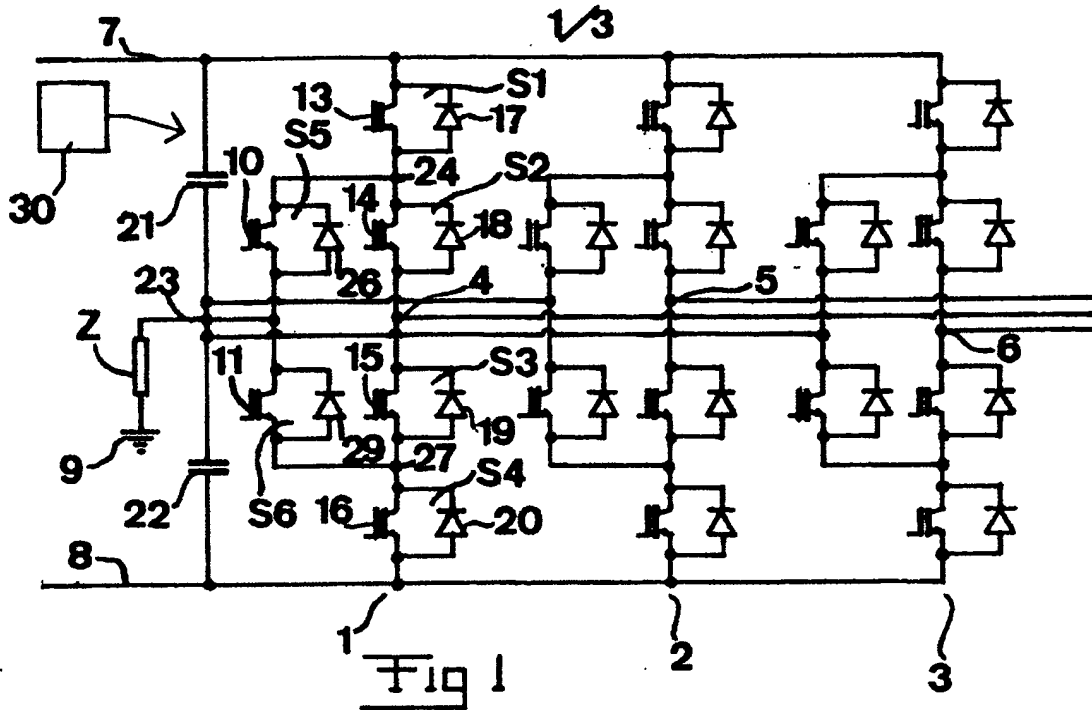


Fig 4

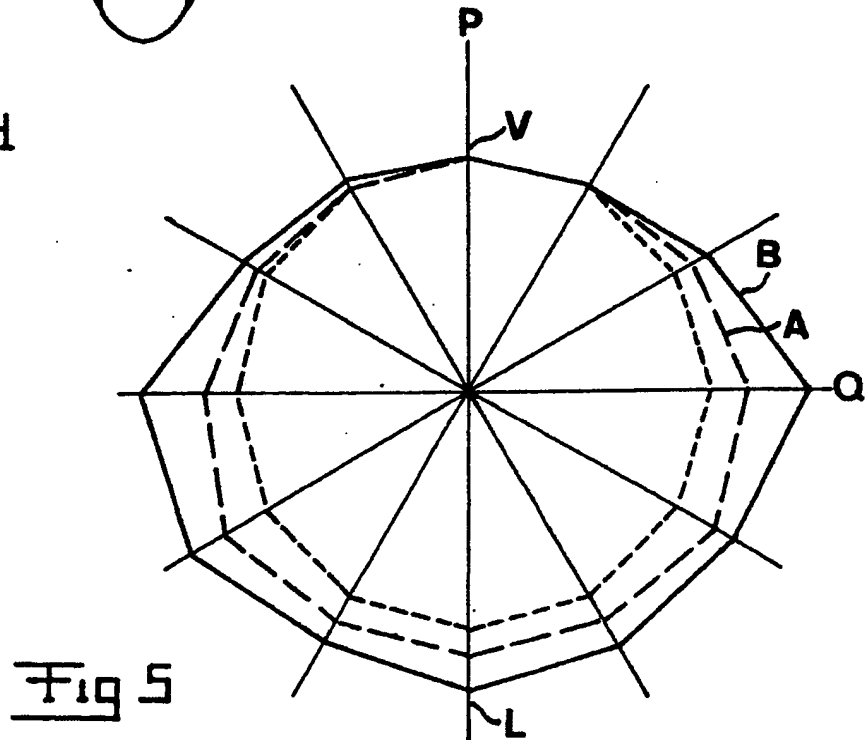


Fig 5



2/3

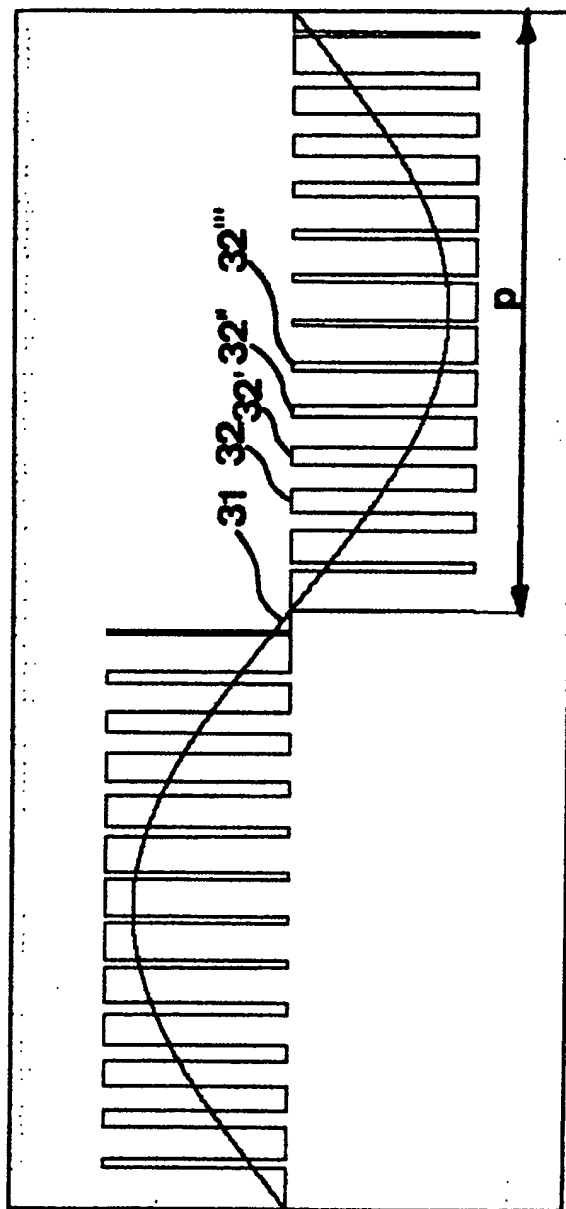


Fig 2

3/3

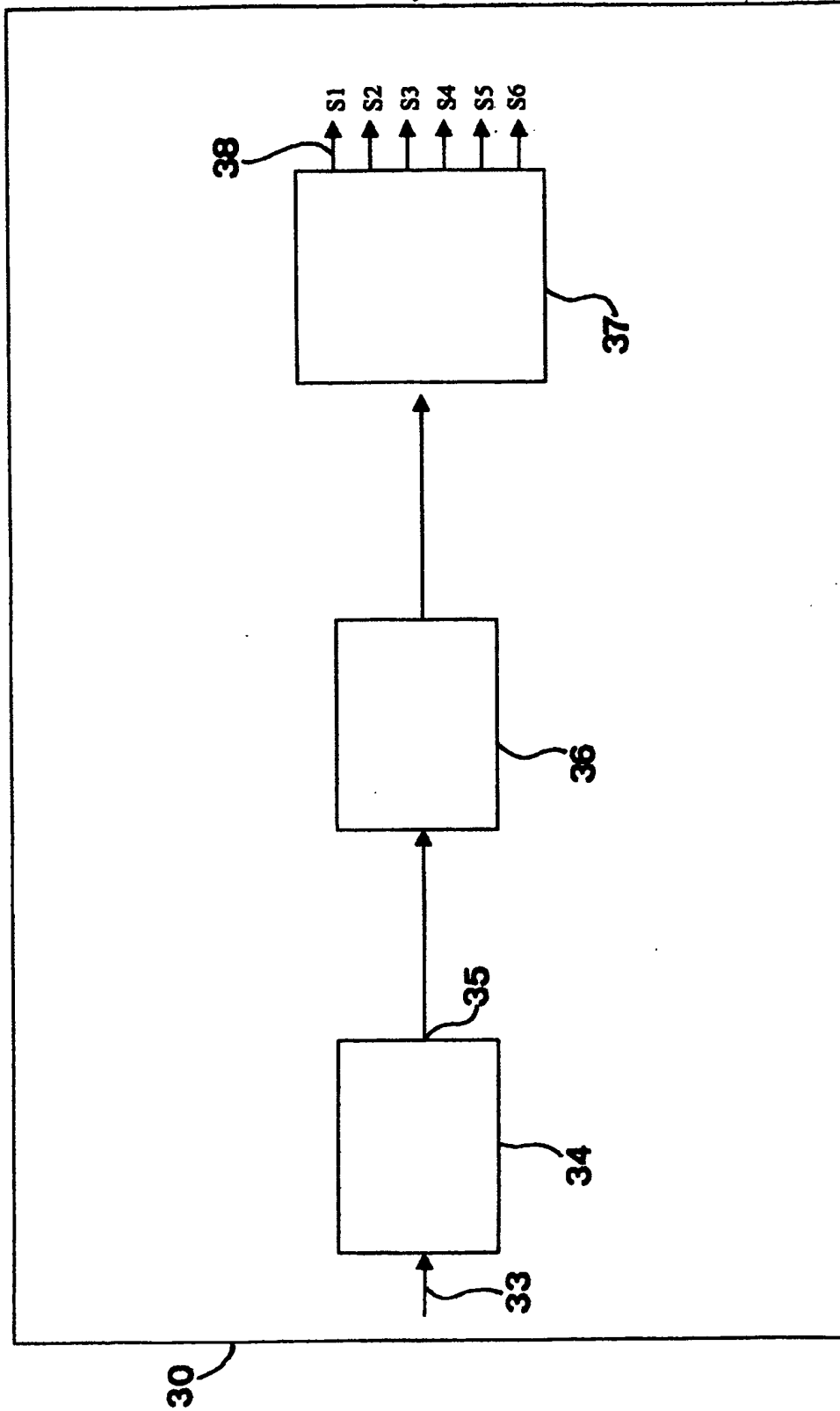


Fig 3